

**Diferença do Teor de Fibra  
da Cana-de-Açúcar para  
Fins Energéticos Motivada  
pelo Bioma**

ISSN 1517-2627

Dezembro, 2013

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Solos  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## ***Documentos 159***

### **Diferença do Teor de Fibra da Cana-de-Açúcar para Fins Energéticos Motivada pelo Bioma**

*Fernando Cezar Saraiva do Amaral  
Silvio Roberto Lucena Tavares*

Embrapa Solos  
Rio de Janeiro, RJ  
2013

**Embrapa Solos**

Rua Jardim Botânico, 1024 - Jardim Botânico - Rio de Janeiro, RJ

Fone: (21) 2179-4500

Fax: (21) 2274-5291

Home page: [www.cnps.embrapa.br](http://www.cnps.embrapa.br)

E-mail (sac): [sac@cnps.embrapa.br](mailto:sac@cnps.embrapa.br)

**Comitê de Publicações da Unidade**

**Presidente:** Daniel Vidal Pérez

**Secretário-Executivo:** Jacqueline Silva Rezende Mattos

**Membros:** Ademar Barros da Silva, Ademir Fontana, Adriana Vieira de Camargo de Moraes, Alba Leonor da Silva Martins, Claudia Regina Delaia Machado, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Maria Regina Capdeville Laforet, Maurício Rizzato Coelho, Quitéria Sonia Cordeiro dos Santos

**Supervisor editorial:** Jacqueline Silva Rezende Mattos

**Revisor de texto:** André Luiz da Silva Lopes

**Normalização bibliográfica:** Ricardo Arcanjo de Lima

**Editoração eletrônica:** Jacqueline Silva Rezende Mattos

**1ª edição**

E-book (2013)

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Embrapa Solos**

---

A485d Amaral, Fernando Cezar Saraiva do Amaral.

Diferença do teor de fibra da Cana-de-açúcar para fins energéticos motivada pelo bioma / Fernando Cezar Saraiva do Amaral e Silvio Roberto Lucena Tavares. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2013. 25 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 159)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: < <http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/> > .

Título da página da Web (acesso em 21 dez. 2013).

1. Bioenergia. 2. Cana-de-açúcar. 3. Cana-fibra. 4. Bioma Caatinga. I. Tavares, Silvio Roberto Lucena. II. Título. III. Série.

---

CDD (23.ed.) 662.88

© Embrapa 2013

## **Autores**

### **Fernando Cezar Saraiva do Amaral**

Pesquisador A Embrapa Solos.

Rua Jardim Botânico, 1024. Rio de Janeiro, RJ.

fernandocezar.amaral@embrapa.br

### **Silvio Roberto Lucena Tavares**

Pesquisador A Embrapa Solos.

Rua Jardim Botânico, 1024. Rio de Janeiro, RJ.

silvio.tavares@embrapa.br

## Sumário

<b>Introdução</b>	<b>7</b>
<b>Objetivos</b>	<b>10</b>
<b>Revisão de Literatura</b>	<b>10</b>
<b>Material e Métodos</b>	<b>15</b>
Variedades	16
Determinação do teor de fibra	17
<b>Resultados e Discussão</b>	<b>18</b>
<b>Conclusões</b>	<b>20</b>
<b>Referências</b>	<b>20</b>
<b>Anexos</b>	<b>23</b>

# **Diferença do Teor de Fibra da Cana-de-açúcar para Fins Energéticos Motivada pelo Bioma**

---

*Fernando Cezar Saraiva do Amaral*

*Sílvio Roberto Lucena Tavares*

## **Introdução**

A crescente preocupação por fontes de energias renováveis e menos poluentes tem elevado a demanda por biocombustíveis líquidos e sólidos oriundos da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), dentre as quais se destacam o álcool e o bagaço de cana para produção de energia, tanto térmica como elétrica.

A bioenergia é a energia obtida através da biomassa. A busca por energia renovável tem sido motivo de amplo e generalizado esforço dos meios técnico-científicos nos últimos anos. A biomassa é uma fonte de energia renovável, desde que as plantas sejam constantemente cultivadas, e a mesma pode ser convertida em combustíveis gasosos, líquidos ou sólidos, por meio de várias tecnologias já bastantes empregadas há muito tempo, como através das novas tecnologias que estão sendo desenvolvidas e aprimoradas na atualidade, gerando energia térmica, eletricidade ou combustíveis. Atualmente uma das tecnologias mais intensamente estudadas é a queima da biomassa. Apesar de ser um mecanismo de produção energética dos mais antigos, recentemente se tornou fruto de vultosos investimentos objetivando aumentar sua eficiência e principalmente sua sustentabilidade. Diversas usinas produtoras de açúcar e álcool têm selecionado material vegetal rico em fibra objetivando aumentar a geração energética proveniente da queima do bagaço, mesmo em detrimento da produção final de álcool e/ou açúcar. Além

do mais, a obtenção de etanol a partir do bagaço (fibra) da cana-de-açúcar (etanol de 2ª geração) permite o aumento da rentabilidade na produção de álcool carburante, por meio da hidrólise da celulose e hemicelulose provenientes deste resíduo, anulando assim a perda da produção final de álcool e melhorando o balanço energético da usina e a geração de receita extra com a venda do excedente energético para as concessionárias de energia elétrica.

Uma outra vertente, motivo de grande investigação científica hoje, é o desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar, batizadas de cana-energia ou cana-fibra, que tem por finalidade específica fornecer biomassa para a produção de energia, a partir da queima direta, ou matéria-prima para produtos químicos, como plásticos verdes e etanol celulósico. A ideia é que indústrias não atreladas à produção de açúcar, como a siderúrgica e a de combustíveis, possam utilizar o bagaço de cana como matéria-prima. Atualmente a produção de energia a partir da cana passa antes pela extração do açúcar. A cana energia poderá ir direto para a caldeira. Além do mais, o bagaço poderá ser usado para a produção de biocombustíveis sólidos (carvão vegetal, pellets e briquetes). Outra vantagem comparativa da cana energia é o fato que a mesma poderá ser cultivada em solos mais pobres, com a utilização de menos fertilizantes, além de ser mais tolerante à falta de chuvas, podendo por este motivo, ser cultivada em algumas áreas degradadas, onde a cana convencional não é viável.

A agricultura sempre teve as funções de gerar alimentos, fibras e energia. Hoje porém, a grande discussão é o percentual participativo de cada uma dessas funções em detrimento das outras. Atualmente a função de gerar energia cresceu muito em relevância, e se o objetivo é produzir energia, a grande questão a ser respondida é qual é a cultura mais eficiente para a produção de energia em determinada região? Como se trata de produção de energia, a produtividade medida apenas em toneladas de biomassa por hectare não é muito adequada, pois essa medida apenas não pode servir de comparação entre culturas diferentes cuja finalidade é a produção energética. Neste caso, a maneira mais eficiente de comparar as culturas quanto a quantidade de biomassa produzida é transformar toda a biomassa em uma única unidade de energia que pode ser o Joule (J) e seus múltiplos ou a Tonelada Equivalente de

Petróleo (tep), que é definida como a quantidade de calor liberado na combustão de uma tonelada de petróleo cru ( $1 \text{ tep} = 42 \text{ GJ}$ ).

A cana-de-açúcar é uma planta considerada de alta eficiência na conversão de energia radiante em energia química. Até um período recente, todos os programas de melhoramento genético da espécie era concentrado em fatores de adaptação ambiental da variedade melhorada e os focos eram principalmente o aumento da produtividade por área plantada e a acumulação de metabólitos, principalmente da sacarose, que se constitui no mais valioso produto econômico da cana-de-açúcar. Independente das características desejáveis no melhoramento genético da cana-de-açúcar, quando uma cultivar é avaliada em diferentes ambientes, o efeito ou expressão de seus genes sofre a ação do meio, resultando no valor fenotípico. Assim, essa interação, que também é chamada de interação genótipo X ambiente, resulta no comportamento variável dos genótipos de cana-de-açúcar para a produção de sacarose, teor de fibra, e demais constituintes do vegetal, dificultando ou facilitando a expressão de certas características consideradas mais desejáveis na colheita.

Depois de séculos selecionando e cruzando variedades de cana ricas em sacarose, para chegar ao que chamamos hoje de cana-de-açúcar, o novo desafio biotecnológico agora é gerar um novo tipo de cana, com mais fibra e menos sacarose, voltada para a produção de etanol celulósico e/ou biocombustível sólido para aplicação direta visando a produção de calor (energia térmica) e/ou a produção de energia elétrica, a ser chamado de cana-energia.

Independente deste novo foco da pesquisa agrônômica ser direcionada ao melhoramento genético da cana-energia ou outras formas de investigações em relação ao percentual total dos teores de fibra na cultura da cana-de-açúcar, é fato que as diferentes variedades de cana disponíveis para o plantio comercial no Brasil apresente comportamento e composição percentual da produção de metabólitos diferentes quando plantados e conduzidos em diferentes ambientes.



Dados coletados junto ao corpo técnico da Usina Agrovale (município de Juazeiro/BA), única usina localizada em pleno sertão (semiárido) nordestino, dão conta do maior teor de fibra da mesma variedade de cana-de-açúcar quando cultivada na Caatinga, em relação ao cultivo em outro bioma, onde a temperatura e insolação diárias não sejam tão elevadas. Esta diferença morfológica foi atribuída por estes técnicos a um eventual mecanismo de defesa da planta ao ambiente mais estressante.

Este aparente maior teor de fibra, o que até então é percebido como desvantajoso já que consequentemente diminui o teor de sacarose, pode na verdade constituir vantagem competitiva para este ambiente em se considerando a nova destinação como “cana-fibra”.

## Objetivos

Como parte das ações do Projeto “Caatinga Viva”, objetivou-se com este trabalho confirmar a existência de diferença superior a vinte por cento no teor de fibras de duas variedades de cana-de-açúcar cultivadas no bioma Caatinga, em relação a outros biomas; trazendo como vantagem consequente a elevação do teor calorífico da biomassa destas variedades.

Segundo Pimentel Gomes (1984), nos experimentos de campo, se o coeficiente de variação for inferior a 10%, classifica-se como “baixo”, ou seja, o experimento tem alta precisão. Se a variação for de 10 a 20%, a confiabilidade é considerada média. No entanto, se a variabilidade for de 20 a 30%, a precisão é considerada baixa. Adotou-se então neste trabalho, por similaridade, uma variação direta de 20% como critério de confiabilidade média na aceitação dos dados de campo. Acima deste percentual a dispersão dos dados não caracterizaria uma tendência.

## Revisão da Literatura

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, sendo essa produção destinada principalmente à obtenção de açúcar e de álcool. Considerando-se o etanol e a co-geração de energia elétrica a partir da queima do bagaço nas usinas, a cana-de-açúcar representa a segunda maior fonte de

energia renovável no Brasil, depois da energia hídrica, com participação na matriz energética de aproximadamente 13%. No Brasil, de acordo com a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA), foram obtidos 88 milhões de toneladas de massa seca de bagaço provenientes da moagem da cana-de-açúcar em todo o território nacional (UNICA, 2014). Esse bagaço é geralmente queimado nas caldeiras das usinas, tornando-as auto-suficientes em energia e, em muitos casos, superavitárias em energia elétrica que pode ser comercializada no sistema elétrico brasileiro. Esse bagaço também pode ser utilizado na produção de etanol celulósico (2ª geração) através do processo de hidrólise ou ser densificado para produção de biocombustíveis sólidos (pellets e briquetes).

De acordo com Leal (2007) apud Rossetto (2012), quando se transforma toda a energia contida nos açúcares e nas fibras numa mesma unidade, a energia primária da cana-de-açúcar é da ordem de 7.400 MJ por tonelada de colmos limpos, assim distribuídos: (2.500 MJ em 150 kg de açúcares); (2.400 MJ em 135 kg fibras do colmo) e (2.500 MJ em 140 kg de palha). O mesmo autor considera ainda que apenas 30% da energia primária da cana são utilizados na produção de etanol (86 L) gerando cerca de 2.000 MJ de energia e com a queima do bagaço geraria cerca de 60 KWh de energia elétrica excedente (216 MJ). Logo, devido ao alto poder calorífico contido na cultura, as fibras (bagaço) e as folhas (palha) têm gerado grande interesse da comunidade técnico-científica nos últimos anos.

De maneira geral, a composição em termos percentuais da cana é composta de açúcares, fibras e água. Ao aumentar percentualmente um desses componentes, automaticamente diminui-se um ou os outros dois componentes. Atualmente, vários programas de melhoramento de cana em diversos países do mundo, inclusive no Brasil, têm procurado clones com mais alta produção de fibras, conhecidos hoje como cana energia (energy cane). Esses clones geralmente apresentam menor teor de sacarose e maior teor de fibras totais, porém, outro fator sempre perseguido pelo melhoramento é a alta produção de biomassa total.

A fibra constitui-se no material componente da cana que é insolúvel em água, sendo composto de celulose, hemicelulose, lignina, pentosanas, pectinas, pro-

teínas, compostos fenólicos, dentre outros. Segundo a Secretaria de Tecnologia Industrial (STI) e o Ministério da Indústria e do Comércio (MIC) citados por Samamad (2011), uma tonelada de cana-de-açúcar fornece aproximadamente 250 kg de bagaço com 45% de umidade (cerca de 140 kg de massa seca) e esta é constituída (em base seca) por aproximadamente 50% de celulose, 28% de hemicelulose, 20% de lignina e 2% de cinzas e outros compostos (proteínas, enzimas e compostos fenólicos). Essa fibra vegetal possui cerca de 95% de parede celular. Comparando-se as substâncias que constituem a parede celular, é importante ressaltar que a lignina é rica em carbono e hidrogênio, que são os elementos que produzem calor, e portanto têm maior poder calorífico que os carboidratos que são as bases das celulosas e hemicelulosas. De acordo com Couto (2004), o poder calorífico desses constituintes são: celulose e hemicelulose (3.797 kcal/kg) e lignina (5.995 kcal/kg).

Como observado, o poder calorífico da lignina é quase 60% maior do que dos outros componentes, fato que é benéfico para a produção de biocombustível sólido (pellets e briquetes) e maléfico à produção de biocombustível líquido (etanol), já que a lignina diminui a eficiência de produção do etanol celulósico, pois além da sua hidrofobicidade, ela dificulta o acesso das enzimas e ácidos aos substratos, podendo ainda promover a adsorção das celulasas durante o processo (BERLIN et al., 2005; JORGENSEN; OSSON, 2006; SANTOS, 2010). Desta maneira, os programas de melhoramento genético das variedades de cana para fins de energia não devem desprezar variedades ricas em lignina em suas fibras, que podem ter um destino mais prático para a produção dos biocombustíveis sólidos, que além de melhorar seus poderes caloríficos, facilitam o processo de densificação da biomassa.

Segundo Marques (2007), as canas cultivadas no Brasil possuem em média o teor de 12,5% de fibra, com concentrações variando de 9,0 a 15,0%, ou seja, com elevado grau de dispersão. Outros autores como Ripoli (2004), apresentam valores de 11,0 a 13,0%, similares portanto aos do primeiro autor, mas com menor dispersão.

Independente dos programas de melhoramentos para aquisição de variedades energéticas, o teor de fibra da cana depende da variedade explorada. Atualmente, as variedades de cana-de-açúcar mais cultivadas na Usina Agrovale são a RB 867515, RB 72454 e a SP 943206, nesta ordem.

Com relação especificamente ao Estado de São Paulo, de acordo com Ricardo Pinto<sup>1</sup>, as variedades RB são igual e amplamente cultivadas neste estado, destacando-se a variedade RB 867515, conforme tabela a seguir:

**Tabela 1** – Variedades de cana-de-açúcar mais cultivadas no Estado de São Paulo.

Censo varietal da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, safra 2011.					
Plantio			Cultivo		
Variedades	Área (ha)	%	Variedades	Área (ha)	%
RB867515	89.275	28,3	RB867515	544.343	24,1
SP81-3250	35.089	11,1	SP81-3250	293.284	13,0
RB966928	26.507	8,4	RB966928	185.998	8,2
RB855453	22.873	7,2	RB855453	122.749	5,4
RB855156	16.250	5,1	RB855156	113.874	5,0
RB92579	15.082	4,8	RB92579	72.501	3,2
CTC15	10.700	3,4	CTC15	70.743	3,1
SP83-2847	8.267	2,6	SP83-2847	58.807	2,6
SP80-1842	7.791	2,5	SP80-1842	54.192	2,4
CTC9	7.167	2,3	CTC9	51.963	2,3
Outras	76.823	24,3	Outras	688.846	30,5
Total	315.824	100	Total	2.257.300	100

Camargo et al. (2010), trabalhando em experimento com nove variedades de cana-de-açúcar na Estação de Pesquisa de Tietê (SP), encontraram valores médios de fibra de 13,1% e, especificamente para a variedade RB 867515, a média de 12,9%. Cabe destacar que o solo usado neste trabalho possuía elevado teor de sílica, o que talvez explique os valores de fibra ligeiramente superiores às médias encontradas por Marques (2007) e Ripoli (2004).

Os dados provenientes de trabalhos relacionados ao teor de fibra da cana-de-açúcar não são constantes nos biomas Mata Atlântica e Cerrado. Melo et al. (2006) estudando, na região da Mata Norte de Pernambuco, o desempenho de clones RB (RIDESA) da série 94 de cana-de-açúcar da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) quanto à produtividade agroindustrial, durante as safras agrícolas de 1999/2000, 2000/2001, 2001/2002 e 2002/2003, encontraram valor médio de 13,42 para o teor de fibra.

<sup>1</sup> Informação pessoal obtida em 2013. Ricardo Pinto Diretor Consultoria RPA e Revista IDEANews.

Trabalho realizado por Oliveira et al. (2010) no município de Carpina (PE), clima Am de Koeppen, portanto ainda região do bioma Mata Atlântica, comparando diversas variedades de cana, inclusive a RB 867515, em regime de sequeiro e irrigado, concluíram que todas as variedades irrigadas possuíam menor teor de fibra que as de sequeiro.

Landell et al. (1999) avaliaram doze clones de cana-de-açúcar em latossolo roxo na região de Ribeirão Preto (SP) em relação às interações genótipos X ambientes e concluíram que a componente de variância clone X ambiente foi elevada para os caracteres Produtividade Agrícola (TCH), Produtividade Média de Açúcar (TPH) e % de fibras, e menos expressiva para o Teor de Sacarose (PCC), apontando para uma resposta específica de clones a ambientes específicos e com variação considerável de resposta à mudança de ambiente. Neste trabalho também foi observado que o clone IAC 82-2092 apresentou o maior teor médio de fibras, girando em torno de 17,55%.

Samamad (2011) quantificou os teores de fibra e de lignina em clones e variedades de cana-de-açúcar, bem como as interações para as características: teor de fibra, teor de lignina e produtividade em três regiões produtoras de Minas Gerais e observou que as médias dos três locais avaliados no primeiro corte não deferiram entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott. Já no segundo corte, houve a formação de dois grupos locais, sendo que os grupos locais Agropéu e CECA apresentaram teores de fibra superiores ao grupo DWD. Os clones e variedades do grupo 1 apresentaram maiores teores de fibra e de produtividade, tanto no primeiro como no segundo corte. Assim, visando somente a eficiência no processo de produção do etanol celulósico, destacam-se as variedades SP 80-1842, SP 83-2847 e os clones RB 98-7934 e RB 98-7911, pois estas apresentaram alto teor de fibra no segundo corte, sendo que este corte apresentou menores teores de lignina, principalmente nos locais da Agropéu e CECA. Ainda segundo essa autora, a redução dos teores de lignina dos genótipos no segundo corte deve-se provavelmente a temperaturas médias mais amenas, umidade relativa mais elevada, maior volume pluviométrico com distribuição mais uniforme e velocidade dos ventos inferiores em relação ao outro local de condução da avaliação (Destilaria WD).

Como já ressaltado, a busca por variedades mais fibrosas deve partir das observações já sistematizadas desses parâmetros na literatura e nas usinas que são verdadeiros centros de melhoramento das variedades de cana. Rao (2007) pesquisou o potencial genético da cana-de-açúcar para alta produção de biomassa para geração de energia em Barbados na América Central, através de seleção de variedades, concluiu que a seleção de duas variedades que chamou de variedades de multiuso (WI 79460 e WI 81456) apresentaram respectivamente: 26,9 e 23,9% de fibra e 112,2 e 125,4 t/ha de produtividade de colmo, em contraste com a variedade B 77602 (a variedade mais plantada no país para fins de açúcar) que apresenta em média 14,8% de fibras e 77,6 t/ha de produtividade de colmos. Segundo esse autor, a maior produtividade de colmo/ha das variedades multiuso, compensaria sua menor constituição de sacarose para a fabricação do etanol de primeira geração e aumentaria demasiadamente a produção de etanol de segunda geração.

Avaliando dados de outro bioma, autores como Oliveira et al. (2011), trabalhando no Norte de MG (Janaúba), zona de floresta decidual com pequenos elementos transicionais para a Caatinga, encontraram pequena diferença não significativa no teor de fibra, em estudo realizado em talhões de cana-de-açúcar com maior teor de umidade no solo (irrigadas).

Em resumo, nos estudos realizados em ambientes que **não de** Caatinga típica, os teores de fibra da cana-de-açúcar apresentaram sempre valores inferiores a 13,5%.

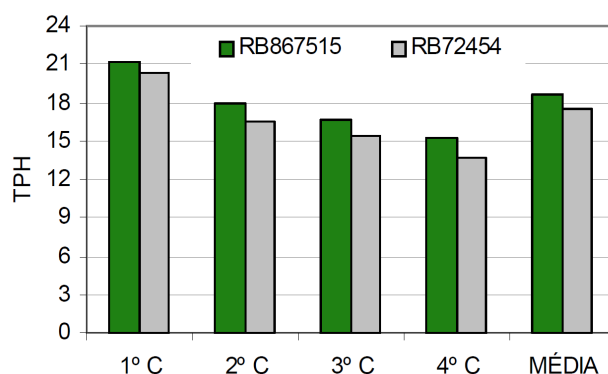
## Material e Métodos

Para que fosse possível inferir a influência do bioma sobre o parâmetro “teor de fibra” da cana-de-açúcar, as demais variáveis foram fixadas ou padronizadas na medida do possível. Desta forma, trabalhou-se apenas com as mesmas duas variedades cultivadas nos diferentes biomas, escolheu-se dados de plantios de longa duração com vários cortes, manejo semelhante no que concerne a adubação, tratos culturais e controle de pragas e doenças, assim como o mesmo método de coleta e determinação do teor de fibra.

## Variedades

Conforme Hoffmann et al. (2008), a variedade RB 86-7515 é a mais cultivada no Estado de São Paulo, possuindo alta velocidade de crescimento, porte alto, hábito de crescimento ereto, alta densidade de colmo, de cor verde arroxeado que se acentua quando exposto e fácil despalha. Não deve ser plantada em ambientes favoráveis à incidência de estrias vermelhas. Nos ambientes de alto potencial de produção há possibilidades, devido à alta produtividade agrícola, de tombamento e atraso de maturação. Esta variedade apresenta ainda boa tolerância à seca e boa brotação de soqueira, mesmo colhida crua; alto teor de sacarose, **médio teor de fibra**, crescimento rápido com alta produtividade.

Já a variedade RB 72454 apresenta touceiramento médio, com colmos eretos, empalhados, de diâmetro médio e de cor verde clara, com mancha de cera escurecida. Não deve ser plantada em épocas frias, especialmente nos solos mais argilosos, evitando-se o corte em julho-agosto nestes mesmos solos, devido ao ressecamento em condições de estresse hídrico. Com auxílio de maturadores pode ser realizada a colheita de cana-planta antes de julho. Apresenta ampla adaptabilidade e alta estabilidade, além de alta produtividade agrícola. Considerando alguns trabalhos do consórcio RIDESA (VARIEDADES..., 2012), em termos comparativos de produtividade para o Estado de São Paulo, a variedade RB 867515 possui em termos médios produtividade superior a variedade RB 72454, exemplificado pelo gráfico a seguir:



**Figura 1** - Comparação das produtividades das variedades RB 867515 e RB 72454 cultivadas no Estado de São Paulo.

## Determinação do teor de fibra

A determinação analítica do teor de fibra segue a clássica metodologia relatada por Marques (2007), sintetizada a seguir:

- **Pesagem da amostra para a análise**

A pesagem de 500 g (quinhentos gramas), com tolerância de, mais ou menos, 0,5 g (cinco decigramas), da amostra final, homogeneizada mecanicamente, será feita em balança semianalítica, eletrônica e com saída para impressora e/ou registro magnético, com resolução máxima de 0,1 g (um decigrama). O material restante servirá como contra prova, não podendo ser desprezado, até que sejam concluídas as leituras de brix e de pol.

- **Extração do caldo**

A extração do caldo, a pesagem do bagaço úmido e as leituras de brix e de pol devem ocorrer imediatamente após a desintegração e homogeneização das amostras.

Da colheita até a desintegração o período máximo de tempo é de 72 horas. O caldo será extraído em prensa hidráulica com pressão mínima e constante de 24,5 MPa (vinte e quatro megapascal e cinco décimos), correspondente a 250 kgf/cm<sup>2</sup> (duzentos e cinquenta quilogramasforça por centímetro quadrado), sobre a amostra, durante 1 min (um minuto).

- **Determinação do peso do bagaço (bolo) úmido / PBU**

O peso do bagaço (bolo) úmido utilizado para o cálculo da fibra da cana (F) é obtido em balança semianalítica.

- **Cálculo da fibra da cana de açúcar (F)**

A fibra da cana (F) será calculada pela equação:

$$F = 0,08 \times PBU + 0,876, \text{ onde:}$$

PBU = peso do bagaço úmido da prensa, em gramas.



## Resultados e Discussão

A tabela 2 apresenta os teores de fibra de duas variedades amplamente cultivadas nos biomas Mata Atlântica e Cerrado do Estado de São Paulo, obtidas a partir do banco de dados da UFSCAR (Universidade Federal de São Carlos). Esta instituição é a líder do consórcio RIDESA (Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar) responsável pelo desenvolvimento das variedades “**RB**”. Os resultados apresentados nesta tabela correspondem a 10 (dez) anos agrícolas, com média de 4 (quatro) cortes, de 30 (trinta) experimentos, totalizando 120 (cento e vinte) colheitas, de diferentes regiões e ambientes de produção, valor portanto bastante representativo.

**Tabela 2** – Teor médio de fibras de duas variedades do Estado de São Paulo.

Variedade	Teor de fibra (%)
RB 867515	12,1
RB 72454	11,5

Pode-se constatar que os valores médios de fibras destas duas variedades cultivadas no Estado de São Paulo estão abaixo dos valores médios das variedades cultivadas no Brasil, que corresponde a 12,5% (MARQUES, 2007) e 12,0% (RIPOLI, 2004). Esta diferenciação pode se explicada pelo fato das variedades “**RB**” serem mais eficientes já em seu melhoramento genético para a alta produção de caldo/ATR - Açúcar Total Recuperável, reduzindo consequentemente, o teor final de fibras.

Estima-se que, nos últimos 30 anos, a produtividade agrícola da cana-de-açúcar cresceu, em média, 2% ao ano, sendo que metade deste ganho deveu-se, exclusivamente, ao melhoramento genético, e a outra metade, à evolução do manejo da cultura. Portanto, todo o centenário melhoramento genético foi direcionado para criar variedades ricas em sacarose e que mantivessem a fibra em um nível mínimo necessário no processo de sustentação da planta. Na nova perspectiva da chamada “cana-fibra” (cana com alto teor de fibra), a composição seria justamente o inverso, ou seja, a prioridade seria o máximo de fibra (MACCHERONI, 2008).

Para plantios de longa duração e com manejo semelhante diferenciando-se no uso da irrigação, os valores de fibra das mesmas variedades RB 867515 e RB 72454 cultivadas na Usina Agrovale, região Semiárida (imagens no anexo), obtidos pela mesma metodologia de determinação (MARQUES, 2007), estão apresentados na tabela 3.

**Tabela 3** – Teor de fibras das variedades RB 867515 e 72454 cultivadas na Usina Agrovale:

Variedade	Teor de fibra (%)
RB 867515	16,30
RB 72454	16,58

Comparando-se diretamente os dados destas duas tabelas, correspondentes às médias do teor de fibra das variedades RB 867515 e RB 72454, cultivadas tanto na Usina Agrovale (bioma Caatinga) quanto no Estado de São Paulo (biomas Mata Atlântica e Cerrado); pode-se comprovar que realmente as variedades exploradas na Usina Agrovale possuem teor de fibra superior em 34,7% para a variedade RB 867515 e 44,2% para a variedade RB 72454, superando o incremento de 20% tomado como balizador neste trabalho.

Se a motivação para esta diferença é um mecanismo de defesa estimulado pela planta para se adaptar a um ambiente mais desafiador como o da Caatinga, com índices de evapotranspiração muito mais elevados e maior velocidade média dos ventos que os ocorrentes no Estado de São Paulo, não se pode simplesmente à luz destes dados afirmar. Para isto, faz-se necessário estudos mais específicos e direcionados basicamente para a área de fisiologia vegetal.

No entanto, para efeitos de manejo da cultura e melhoria da eficiência calorífica da energia produzida a partir da queima da biomassa, é uma informação direta e empírica revestida de capital importância; podendo mesmo motivar estudos ulteriores que embasem a tomada de decisão quanto a aplicação de vultosos investimentos em produção energética a partir da queima da biomassa, com base nesta diferenciação do teor de fibra estimulada pelas características deste bioma.

## Conclusões

Com plantios de longa duração e manejo similar excetuando a irrigação, as variedades RB 867515 e RB 72454 exploradas na Usina Agrovale (bioma Caatinga) possuem teor de fibra superior em 34,7% e 44,2% respectivamente, em relação aos teores médios de fibras dessas mesmas variedades plantadas no Estado de São Paulo, sugerindo que esta diferença possa ser motivada pelas características ambientais.

## Referências

BERLIN, A. G. N.; KURABI, A. B. R.; TU, M. B.; KILBURN, D. S. J. Weak lignina-binding enzymes – a novel approach to improve activity of cellulase for hydrolysis of lignocellulosics. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 121, p. 163-170, 2005.

CAMARGO, M. N.; KORNDÖRFER, G. H.; FOLTRAN, D. E.; HENRIQUE, C. M.; ROSSETTO, R. Absorção de silício, produtividade e incidência de *diatraea saccharalis* em cultivares de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 937-944, 2010.

COUTO, L. C.; COUTO, L.; WATZLAWICK, L. F.; CÂMARA, D. Vias de valorização energética da biomassa. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 1, p. 71-92, 2004.

JORGENSEN, H.; OLSSON, L. Production of cellulases by *Penicillium brasillianum* IBT 20888 – effect of substrate on hydrolytic performance. **Enzyme and Microbial Technology**. v. 38, p. 381-390, 2006.

LANDELL, M. G. A.; ALVAREZ, R.; ZIMBACK, L.; CAMPANA, M. P.; SILVA, M. A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; PERECIN, D.; GALLO, P. B.; MARTINS, A. L. M.; KANTHACK, R. A. D.; FIGUEIREDO, P. & VASCONCELOS, A. C. A. M. Avaliação final de clones IAC de cana-de-açúcar da série 1982, em latossolo roxo da região de Ribeirão Preto. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 269-280, 1999.

HOFFMANN, H. P.; SANTOS, E. G. D.; BASSINELLO, A. I.; VIEIRA, M. A. **Variedades RB de Cana-de-açúcar**. Araras: CCA-UFSCar, 2008. 30 p.

MACCHERONI, W. **Desenvolvimento de uma nova planta, a cana-fibra, com biotecnologia de ponta**. Disponível em <<http://www.revistaopinioes.com.br/aa/materia.php?id=474>> . Acesso em: 13 set. 2012.

MARQUES, T. A. **Apostila de análises tecnológicas usinas e destilarias**. Presidente Prudente, 2007. 51 p.

MELO, L. J. O. T.; OLIVEIRA, F. J.; BASTOS, G. Q.; ANUNCIAÇÃO FILHO, C. J.; REIS, O. V. **Interação genótipo x ciclos de colheita de cana-de-açúcar da zona da mata norte de pernambuco**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/brag/v65n2/30481.pdf>> . Acesso em: 11 set. 2012.

OLIVEIRA, E. C. A.; OLIVEIRA, R. I.; ANDRADE, B. M. T.; FERNANDO, J. F.; LIRA JÚNIOR, M. A.; MACHADO, P. R. Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 9, 2010.

OLIVEIRA, F. M.; ASPIAZÚ, I.; KONDO, M. K.; BORGES, I. D.; PEGORARO, R. F.; VIANNA, E. J. Crescimento e produção de variedades de cana-de-açúcar influenciadas por diferentes adubações e estresse hídrico. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Sete Lagoas, v. 5, n.1, p. 56-66, 2011.

PIMENTEL-GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Piracicaba: Potafos, 1984. 162 p.

RAO, P. S. **Genetic potential of sugarcane germplasm for hignher biomass produtction to generate energy**. Disponível em: <<http://www.brasil.energycane.2007105>> . Acesso em: 13 set. 2012.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Barros & Marques, 2004. 302 p.

ROSSETTO, R. A bioenergia, a cana energia e outros cultivos energéticos. **Pesquisa & Tecnologia**. São Paulo, v. 9, n. 1, p. 62-68, Jan-Jun., 2012.

SANTOS, V. T. O. **Composição e digestibilidade enzimática do bagaço da cana-de-açúcar pré-tratado com ácido sulfúrico diluído em reator estático**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena.

SAMAMAD, N. T. I. **Interação genótipos X ambientes dos teores de fibra e lignina em cana-de-açúcar**. 2011. 34 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

UNICA. **União da Indústria de Cana-de-Açúcar**. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/>. Acesso em: 6 mai. 2014.

VARIEDADES RB de Cana-de-açúcar. Araras: CCA-UFSCar, 2008. Disponível em: <[http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br/dow/VariedadesRB\\_2008.pdf](http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br/dow/VariedadesRB_2008.pdf)>. Acesso em: 21 dez. 2012.

## **Anexo**

---

**Variedades RB 867515 e RB 72454  
cultivadas na Usina Agrovale, região  
semiárida**

As três imagens a seguir correspondem à variedade RB 72454, cultivada em diversos talhões da Usina Agrovale (Juazeiro/BA). Observa-se que a variedade se comporta da mesma forma quando cultivada nos biomas Mata Atlântica e Cerrado, apresentando touceiramento médio, colmos eretos e espalhados, de diâmetro médio e cor verde mais clara.



As três imagens a seguir correspondem à variedade RB 867515, cultivada em diversos talhões da Usina Agrovale (Juazeiro/BA). Observa-se que a variedade se comporta da mesma forma quando plantada nos biomas Mata Atlântica e Cerrado, apresentando porte alto, hábito de crescimento ereto, alta densidade de colmo e cor verde mais escura.





